



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11077842 A**(43) Date of publication of application: **23.03.99**

(51) Int. Cl.

B29D 11/00
G02B 1/04
G02B 3/00
G02B 26/10
// B29K101:12

(21) Application number: **09254373**(22) Date of filing: **03.09.97**(71) Applicant: **RICOH CO LTD**

(72) Inventor: **SAWADA KIYOTAKA**
FUKUSHIMA AKIRA
KANEMATSU TOSHIHIRO
YAMANAKA YASUO

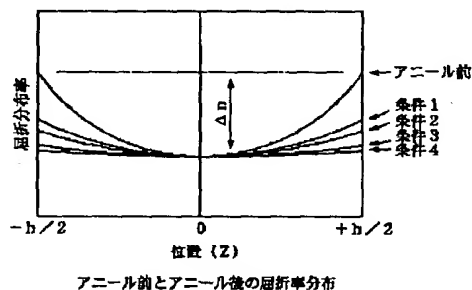
(54) **PLASTIC OPTIC AND ITS MANUFACTURE**

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plastic optic of good shape accuracy and small birefringence and refractive index distribution to be manufactured at low cost, and also provide a manufacturing method thereof.

SOLUTION: In a molded product formed by the injection compression molding and the like, although the shape accuracy and birefringence are good, the refractive index distribution is generated inside, and an annealing process in which the molded product is heated outside a mold and kept in a temperature zone within the given range for a given time and then cooled is applied to reduce the refractive index distribution in a plastic optic element. As for the annealing condition, in the case the lower limit of the temperature zone within the given range is lower than the glass transition temperature of a plastic material to be used by 25°C, the refractive index distribution is Cv1, while in the case the upper limit is set at the glass transition temperature, the refractive index distribution is Cv4, which are improved better than the refractive index distribution Cv50 before annealing.



特開平11-77842

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月23日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

B 2 9 D 11/00

B 2 9 D 11/00

G 0 2 B 1/04

G 0 2 B 1/04

3/00

3/00

B

26/10

26/10

D

// B 2 9 K 101:12

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-254373

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月3日

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 沢田 清孝

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 福島 明

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 金松 俊宏

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

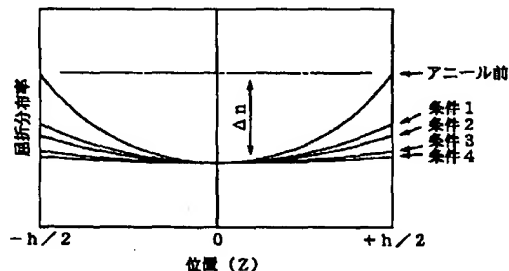
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラスチック光学素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 低コストで形状精度が良く、複屈折、屈折率分布が小さいプラスチック光学素子と、その製造方法を提供する。

【解決手段】 射出圧縮成形などにより得られる成形品は、形状精度、複屈折特性が良好な半面、内部に屈折率分布が生じているから、この成形品を金型外で加熱し、所定範囲内の温度域で所定時間保持し、さらに冷却するアニール工程を施すことで、プラスチック光学素子内部の屈折率分布を低減させる。アニール条件として、所定範囲内の温度域の下限を、使用するプラスチック材料のガラス転移温度よりも25℃だけ低い温度にした場合の屈折率分布はC v 1、上限をガラス転移温度にした場合の屈折率分布はC v 4で、アニール前の屈折率分布C v 5 0より改善される。



アニール前とアニール後の屈折率分布

【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部に屈折率分布を呈し、所定温度以下にあるプラスチック光学素子を、加熱して所定範囲内の温度域まで上昇させる工程と、

前記所定範囲内の温度域に所定時間保持する工程と、
然る後に冷却する工程とを具備し、前記各工程を前記の順に実施して内部の屈折率分布を低減させることを特徴とするプラスチック光学素子の製造方法。

【請求項2】 内部に屈折率分布を呈する成形直後の高温状態にあるプラスチック光学素子を、

所定範囲内の温度域に所定時間保持する工程と、
然る後に冷却する工程とを具備し、前記各工程を前記の順に実施して内部の屈折率分布を低減させることを特徴とするプラスチック光学素子の製造方法。

【請求項3】 前記所定範囲内の温度域が、使用するプラスチック材料のガラス転移温度よりも25℃低い温度以上であり、かつガラス転移温度以下の範囲内であることを特徴とする請求項1または2記載のプラスチック光学素子の製造方法。

【請求項4】 前記所定範囲内の温度域に保持する時間が、2時間以内の範囲であることを特徴とする請求項1または2記載のプラスチック光学素子の製造方法。

【請求項5】 前記屈折率分布を呈するプラスチック光学素子の前記加熱工程、所定範囲内の温度域での前記保持工程、ならびに前記冷却工程を、バッチ処理により行うことを特徴とする請求項1記載のプラスチック光学素子の製造方法。

【請求項6】 前記屈折率分布を有するプラスチック光学素子の成形工程ならびに、前記加熱工程、所定範囲内の温度域での前記保持工程、ならびに前記冷却工程を、連続的に行うことを特徴とする請求項2記載のプラスチック光学素子の製造方法。

【請求項7】 所定範囲内の温度域での所定時間の熱処理加工が施され、内部の屈折率分布が低減されたことを特徴とするプラスチック光学素子。

【請求項8】 前記プラスチック光学素子が熱可塑性の非晶性プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項6記載のプラスチック光学素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高精度なプラスチック光学素子、およびその製造技術に関し、とりわけ複写機、ファクシミリ装置、レーザービームプリンタ装置等の光走査系に用いられるプラスチックレンズおよびその製造技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】レンズ、プリズム等の光学素子は、表面形状精度や内部の複屈折に高い精度を要求されるので、従来はガラス製のものが主であった。しかし、近年、形状の自由度や量産性の優れているなどの理由によりプラ

スチック製のものが増加してきている。この理由としては、低い複屈折特性の樹脂材料が開発されたことと、形状精度が良く低複屈折である成形品を可能にする成形技術の向上がある。

【0003】従来、光学部品に用いられる樹脂材料としては、ポリカーボネートやアクリルが主であったが、ポリカーボネートは複屈折が大きく、一方、アクリルは吸水性に問題があるなどの理由から、使用範囲は限られていた。しかし最近になって、光学部品用途として低吸水性でかつ低い複屈折特性の樹脂材料が開発され、適用が可能になった。このような樹脂材料としては例えば、日本ゼオン製Zeonex、三井石油化学製APELなどがある。

【0004】また、成形技術としても、樹脂を低圧で充填し金型全体、もしくは入駒を介して、圧縮を加える射出圧縮成形などを用いることで、形状精度が良く、低複屈折の成形品が得られるようになった。以上のような理由から、近年にいたり光学素子のプラスチック化がいっそう促進される傾向にある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】前記のように、最近にいたり形状精度が良く低い複屈折特性の光学素子が得られるようになったが、しかしながら成形加工後の光学素子内部の屈折率分布が大きく、よって特に高精度な光学素子に対しては、満足な光学性能を実現するには未だ不十分であるという問題があった。

【0006】これを、図6乃至図9を用いて説明する。図6は、レーザービームプリンタなどの光走査装置に用いられている結像プラスチック光学素子（結像レンズ）の模式斜視図である。また図7は、光走査装置の、y軸に垂直平面内の模式断面図である。両図に示されるように、半導体レーザ等の光源から出射したビームは、コリメータレンズによって平行化され、回転多面鏡Plmで偏向走査されたのち、透過方向Xvで結像レンズOpを透過して収束されたビームは被走査面Scnf上に結像する。

【0007】図7に示されるように、形状精度が良く低複屈折な結像レンズを用いても、その実際の結像位置f2は、レンズ形状と樹脂材料の屈折率（レンズ内部で均一と仮定）から求めた結像位置（設計値）f1と位置ずれが生じている。

【0008】この原因を解析したところ、図8に示すように、レンズOp表面側の屈折率が大きく、レンズOp中央に向かうにしたがい屈折率が小さくなる、屈折率分布が存在するためであることが判明した。この屈折率分布により、逆にビームが発散する作用が働き、よって結像位置が遠くなり、結像位置ずれが起こることになる。

【0009】次に、レンズOpの内部に屈折率分布が生じるメカニズムを説明する。射出成形でこのようなレンズを成形した場合、熔融状態の樹脂が金型内に射出充填

されると、低温の金型壁面に触れた部分が瞬間的に冷却される。図9は、金型内における樹脂の温度変化を示す解析値である。

【0010】金型壁面近傍すなわち樹脂外周部分の温度低下が急峻であるのに比して、樹脂中央部分の温度低下は緩やかである。射出充填時や保圧初期の高い圧力がかかった状態で、金型壁近傍が急冷され固体状態となる。そのため、レンズ表面は密度が大きくなる。しかし、レンズの中央部が冷却され固体状態になる時には圧力が低下しているため、レンズ内部は低密度になる。この結果、レンズ表面ほど密度が大きく、内部にいくほど密度が小さくなる。密度と屈折率には、高い相関性があるため、よって図8のようなレンズOp表面が屈折率が大きく、中央にいくほど屈折率が小さくなる屈折率分布が生じることになる。

【0011】前記のように、屈折率分布が生じる主たる原因として金型壁面近傍で樹脂が急激に冷却されることがある。そこで、高温の金型に樹脂を射出充填した後、徐冷を行うことで成形品内の温度分布を小さくし、これによって屈折率分布の小さいレンズを得る方法が提案された。しかしながら、この成形法によれば成形サイクルが非常に長いため、コストが非常に高くなるのが欠点であった。

【0012】さらに、レンズ形状を規定し、屈折率分布が小さい領域を使用する方法が試みられた。このような従来技術として、例えば特開平08-201717号公報の光走査装置で開示されたものがある。この技術によれば、ビームの進行方向厚さ（ t ：図7のx軸方向寸法）と、それと垂直方向の高さ（ h ：図7のz軸方向寸法）で、

$$h/t > 2$$

となるようにレンズ形状を規定している。 h を大きくすることで、ビームが透過する領域において樹脂冷却時の温度分布（ z 軸方向）を小さくし、この限定された部分が屈折率分布が小さいことを利用して、結像位置のずれを小さくすることを図るものである。

【0013】しかし、この方法は、ビームが透過しない領域、つまり有効領域外の部分を増やすことであるので、必要な樹脂量の増加や、ひけ防止のため冷却時間を長くする必要があり、コスト高となる。

【0014】また、屈折率分布を見込んだ光学設計を行う方法として、特開平09-49976号公報において開示されたものがある。これは、結像レンズの屈折率分布による結像位置ずれを、結像レンズの被走査面側の屈折を増し（形状補正）、結像位置の設計値を回転多面鏡側におくことによって補正を行い、被走査面上にビームを結像させる方法である。しかし、この方法は、成形条件を固定した状態で成形加工したレンズを評価した後、補正値を決めるものであるから、例えば成形上の不具合等があり成形条件の変更があった場合には、補正値を変

更しなければならず、鏡面駒の再製作が必要となるという不具合があった。

【0015】また、多数個取りの金型の場合に、キャビティごとに補正値を変える必要もあるため、加工用のプログラムをキャビティ数だけ作製する必要も生じる。よって、成形トライ数が非常に多くなるという不具合や、鏡面駒作製個数の増加などにより、コスト高となるという欠点があった。

【0016】本発明は、前記のような従来技術における問題点を解決するためなされたもので、低コストで高精度、つまり形状精度が良く、複屈折、屈折率分布が小さいプラスチック光学素子と、その製造方法を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明の請求項1に係るプラスチック光学素子の製造方法は、内部に屈折率分布を呈し、所定温度以下にあるプラスチック光学素子を、加熱して所定範囲内の温度域まで上昇させる工程と、前記所定範囲内の温度域に所定時間保持する工程と、然る後に冷却する工程とを具備し、前記各工程を前記の順に実施して内部の屈折率分布を低減させることを特徴とする。

【0018】前記の構成によれば、内部の屈折率分布が低減され、よって高精度すなわち形状精度が良好で、複屈折、屈折率分布が小さいプラスチック光学素子が低コストで製造される。

【0019】本発明の請求項2に係るプラスチック光学素子の製造方法は、内部に屈折率分布を呈する成形直後の高温状態にあるプラスチック光学素子を、所定範囲内の温度域に所定時間保持する工程と、然る後に冷却する工程とを具備し、前記各工程を前記の順に実施して内部の屈折率分布を低減させることを特徴とする。

【0020】前記の構成によれば、高精度のプラスチック光学素子が、低コストかつ高生産性で製造される。

【0021】本発明の請求項3に係るプラスチック光学素子の製造方法は、請求項1または2記載のもので、前記所定範囲内の温度域が、使用するプラスチック材料のガラス転移温度よりも25℃低い温度以上であり、かつガラス転移温度以下の範囲内であることを特徴とする。

【0022】前記の構成によれば、プラスチック光学素子の形状精度を損ねることなく、内部の屈折率分布が低減される。

【0023】本発明の請求項4に係るプラスチック光学素子の製造方法は、請求項1または2記載のもので、前記所定範囲内の温度域に保持する時間が、2時間以内の範囲であることを特徴とする。

【0024】前記の構成によれば、プラスチック光学素子の形状精度を損ねることなく高い生産性で、内部の屈折率分布が軽減される。

【0025】本発明の請求項5に係るプラスチック光学

素子の製造方法は、請求項1記載のもので、前記屈折率分布を呈するプラスチック光学素子の前記加熱工程、所定範囲内の温度域での前記保持工程、ならびに前記冷却工程を、バッチ処理により行うことを特徴とする。

【0026】前記の構成によれば、通常の成形設備に、恒温槽等の温度管理が可能な汎用設備の追加だけで実現可能であり、よって設備投資が少なくコスト低減がなされ、かつ設置スペース節減がなされる。

【0027】本発明の請求項6に係るプラスチック光学素子の製造方法は、請求項2記載のもので、前記屈折率分布を有するプラスチック光学素子の成形工程ならびに、前記加熱工程、所定範囲内の温度域での前記保持工程、ならびに前記冷却工程を、連続的に行うことを特徴とする。

【0028】前記の構成によれば、リアルタイムの品質監視がなされ、品質不良等が生じた際の対応が迅速に為される。

【0029】本発明の請求項7に係るプラスチック光学素子は、所定範囲内の温度域での所定時間の熱処理加工が施され、内部の屈折率分布が低減されたことを特徴とする。

【0030】前記の構成によれば、内部の屈折率分布が低減されて屈折率分布が小さくなり、高精度な光学特性が得られる。

【0031】本発明の請求項8に係るプラスチック光学素子は、請求項6記載のもので、前記プラスチック光学素子が熱可塑性の非晶性プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。

【0032】前記の構成によれば、プラスチック光学素子内部の屈折率分布が、アニール工程で容易に低減される。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を説明する。本発明のプラスチック光学素子の製造方法の骨子を説明すると、まず射出成形などにより形状精度、複屈折の良好な成形品を得る。尚この成形品を得る方法 *

*は、形状精度、複屈折の良好な成形品が得られるものであれば種類を問わない。したがって従来の射出圧縮成形、あるいは他の成形法が適用される。しかし、この成形品の内部には、前述したように、金型壁面近傍の樹脂が急激に冷却されるため、屈折率分布が生じている。

【0034】そこで、この得られた成形品を金型外で加熱、所定範囲内の温度域で保持、さらに冷却の工程を経る、つまりアニール工程を経ることで、レンズ内部の屈折率分布を低減させる。

【0035】以下に実施の形態を示しながら説明する。図1は、本発明に係るプラスチック光学素子の製造方法により製造されたプラスチック光学素子の一実施形態における屈折率分布を示す線図である。ここで示されるプラスチック光学素子は、前記光走査装置に用いられている結像レンズ等に適用される。

【0036】まず、射出成形によって形状精度が良好で、複屈折のほとんど無い成形品を得る。使用樹脂は、例として熱可塑性の非晶性プラスチック材料である、環状ポリオレフィンを用いた。この成形品を、室温からアニール条件1～条件4の温度まで加熱し、ほぼこの温度で一定時間保持し、こののち室温まで冷却するアニール加工を行った。

【0037】アニール後の屈折率分布の測定結果を、図1中の屈折率分布Cv1～Cv4および表1に示す。なお比較としてアニール前の屈折率分布Cv50を図中の点線カーブで示している。図1の位置zは、前記図6で示されたz軸方向に沿ったものである。

【0038】表1は、アニール条件1（樹脂のガラス転移温度 $T_g-25^\circ\text{C}$ ）、アニール条件2（ $T_g-20^\circ\text{C}$ ）、アニール条件3（ $T_g-10^\circ\text{C}$ ）、アニール条件4（ T_g 直下）でアニールした後の屈折率分布を、アニール前の屈折率分布 Δn に対する比で表したものである。さらに、アニール条件1～4のそれぞれに対する結果が屈折率分布Cv1～Cv4に対応している。

【0039】

【表1】

アニール条件と屈折率分布の関係（保持時間1hr）

条件	屈折率分布
アニール前	Δn
条件1 ($T_g-25^\circ\text{C}$)	$0.33 \Delta n$
条件2 ($T_g-20^\circ\text{C}$)	$0.23 \Delta n$
条件3 ($T_g-10^\circ\text{C}$)	$0.17 \Delta n$

【0040】同図および同表から成形品にアニール加工処理を施すことにより、大きく屈折率分布が低減してい

ることが判る。また、アニール条件1～4でアニールしたことによる、レンズ面形状への影響はほとんど無く、

光学特性を評価した結果、屈折率分布が小さいほど、結像位置が所定位置（たとえば設計値近傍）に結像した。

【0041】このように、本発明によって、所定範囲内の温度域での所定時間の熱処理加工が施され、内部の屈折率分布が低減されたプラスチック光学素子を実現される。またプラスチック材料としては、前記のように熱可塑性の非晶性プラスチック材料を用いるのが好ましい。

【0042】アニール工程の屈折率分布低減効果は、加熱、保持する温度が樹脂のガラス転移温度 -25°C 以上で温度が高いほど大きい、ガラス転移温度以上では、10 レンズ面形状への影響が大きくなるおそれがあり、好ましくない。また、加熱、保持する温度をガラス転移温度 -25°C より低く設定し、保持する時間を延ばすことによって同様の屈折率分布低減効果が得られるが、生産性を考慮すると好ましくない。加熱、保持する温度を樹脂のガラス転移温度 -25°C からガラス転移温度直下までの範囲内に設定することで、保持時間が2時間以内でも充分な屈折率分布低減効果が得られ、生産性は損なわれない。また、加熱・保持する温度、保持する時間についてはレンズの要求仕様に応じて、なるべく低い温度、20 短い時間に決定することが生産性の面から好ましい。

【0043】図2は、本発明によるプラスチック光学素子の製造方法の一実施形態の工程説明図である。また図3は、図2の製造方法におけるアニール工程の温度変化プロファイルを示す線図である。

【0044】図2および図3に示されるように、成形装置PFにより成形され、内部に屈折率分布を呈し、また所定温度以下（たとえば室温）にあるプラスチック光学素子を、アニール装置PA内で加熱して所定範囲内の温度域TZまで上昇させ、ついでこの所定範囲内の温度域TZに所定時間 t_r だけ保持し、こののち冷却する。このアニール工程により、内部の屈折率分布が平坦化される。

【0045】また、図2において、成形品をある程度の数ストックしておき、まとめてアニール工程にバッチ処理で流す方法を採用すれば、通常の成形設備に恒温槽等の温度管理が可能な汎用設備を追加するだけで実施できるという利点がある。

【0046】図4は、本発明によるプラスチック光学素子の製造方法の他の実施形態の工程説明図である。同図で示されるように、成形装置PFの金型から取り出した成形品を、連続アニール装置PA2において連続的にアニリング処理をする。この方法は、リアルタイムに品質を監視することができ、品質不良等が生じた際の対応を迅速に行うことができる利点がある。

【0047】さらに、生産性を向上させるために、射出成形などで得た成形品を金型から取り出した後、室温まで冷却することなく、高温状態のまま直ちにアニール工程に投入する製造方法も可能である。図5に、このようなアニール工程における温度変化のプロファイルを示

す。すなわち、金型から取り出した高温状態の成形品をアニール装置に入れ、温度を所定範囲内温度TZまで降下させ、所定の保持時間 t_r だけ保持し、この後冷却して製品とする。

【0048】以上、実施例で述べてきたように、このプラスチック光学素子製造方法では従来技術の問題点で述べたような欠点を解消することが出来、コスト上昇は非常に小さく、高精度なプラスチック光学素子が製造可能になる。

【0049】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の請求項1に係るプラスチック光学素子の製造方法は、所定温度以下にあるプラスチック光学素子を、加熱して所定範囲内の温度域まで上昇させ、この所定範囲内の温度域に所定時間保持し、ついで冷却する構成とするものであるから、内部の屈折率分布が低減され、よって低コストで、高精度すなわち形状精度が良好で、複屈折、屈折率分布が小さいプラスチック光学素子を得ることができる。

【0050】本発明の請求項2に係るプラスチック光学素子の製造方法は、成形直後の高温状態にあるプラスチック光学素子を、所定範囲内の温度域に所定時間保持し、然る後に冷却する構成とするものであるから、内部の屈折率分布が低減され、よって低コストで、高精度すなわち形状精度が良好で、複屈折、屈折率分布が小さいプラスチック光学素子を、生産性良く得ることができる。

【0051】本発明の請求項3に係るプラスチック光学素子の製造方法は、請求項1または2に記載された前記所定範囲内の温度域の下限を、使用するプラスチック材料のガラス転移温度よりも 25°C だけ低い温度とし、上限をガラス転移温度として構成するものであるから、プラスチック光学素子の形状精度を悪化させることなく、内部の屈折率分布を低減させることができる。

【0052】本発明の請求項4に係るプラスチック光学素子の製造方法は、請求項1または2に記載された前記所定範囲内の温度域に保持する時間が、2時間以内で構成するものであるから、生産性を損ねることなく、内部の屈折率分布を低減させることができる。

【0053】本発明の請求項5に係るプラスチック光学素子の製造方法は、請求項1で記載の加熱工程、所定範囲内の温度域での保持工程、ならびに冷却工程を、バッチ処理により行う構成とするものであるから、通常の成形設備に、恒温槽等の温度管理が可能な汎用設備を追加するだけで実現できる。この結果、設備投資が少なくコスト低減ができ、かつ設置スペースも少なくできる。

【0054】本発明の請求項6に係るプラスチック光学素子の製造方法は、請求項2で記載の成形工程、加熱工程、所定範囲内の温度域での保持工程、ならびに冷却工程を連続的に行う構成とするものであるから、リアルタイムに品質を監視することができ、品質不良等が生じた

際の対応を迅速に行うことができるという効果がある。

【0055】本発明の請求項7に係るプラスチック光学素子は、所定範囲内の温度域での所定時間の熱処理加工が施され、内部の屈折率分布が低減された構成であるから、屈折率分布が小さいため、高精度な光学特性が得られる。また、レンズ面形状と樹脂材料の屈折率より求めた結像位置に結像するため、光学設計が非常に容易となる。

【0056】本発明の請求項8に係るプラスチック光学素子は、請求項6記載のもので、しかも熱可塑性の非晶性プラスチック材料から構成されるものであるから、プラスチック光学素子内部の屈折率分布を、アニール工程で容易に低減させることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるプラスチック光学素子の一実施形態における屈折率分布を示す線図である。

【図2】本発明によるプラスチック光学素子の製造方法の一実施形態の工程説明図である。

【図3】図2の製造方法におけるアニール工程の温度変化プロファイルを示す線図である。

【図4】本発明によるプラスチック光学素子の製造方法

の他の実施形態の工程説明図である。

【図5】本発明によるプラスチック光学素子の製造方法のさらに別の実施形態におけるアニール工程の温度変化プロファイルを示す線図である。

【図6】光走査装置における結像プラスチック光学素子の模式斜視図である。

【図7】光走査装置の模式断面図（y軸に垂直平面内）である。

【図8】成形加工後のプラスチック光学素子内部の屈折率分布（ビーム透過方向から眺めた）を説明する模式図である。

【図9】金型内の成形過程にある樹脂の温度変化を示す線図である。

【符号の説明】

Δn アニール前の屈折率分布

Cv1 第1のアニール条件による屈折率分布カーブ

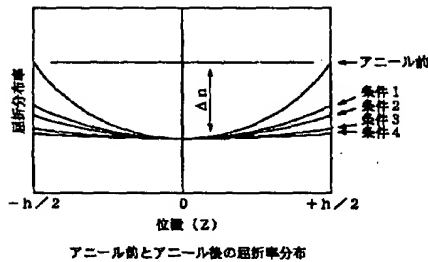
Cv2 第2のアニール条件による屈折率分布カーブ

Cv3 第3のアニール条件による屈折率分布カーブ

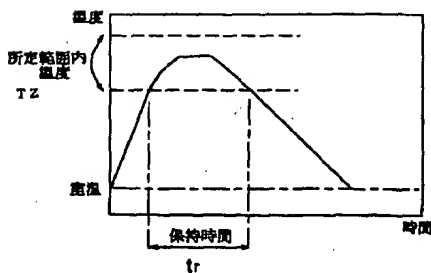
Cv4 第4のアニール条件による屈折率分布カーブ

20 Cv50 アニール加工前の屈折率分布カーブ

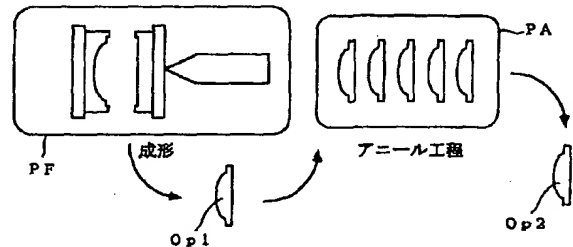
【図1】



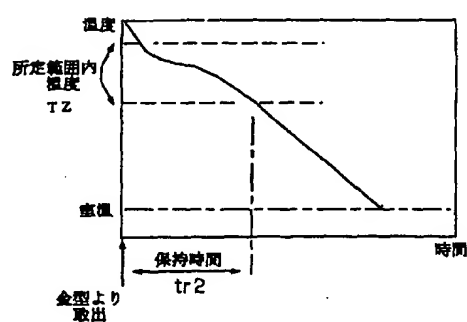
【図3】



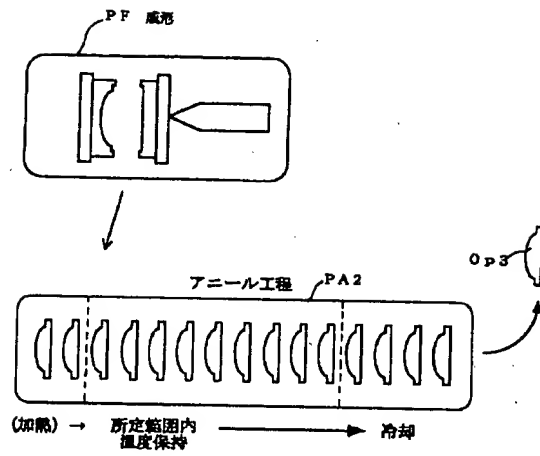
【図2】



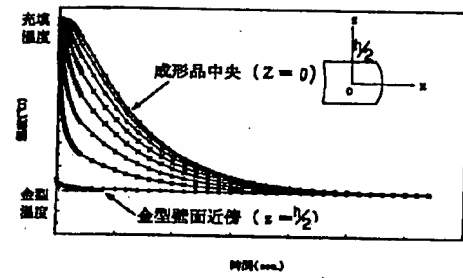
【図5】



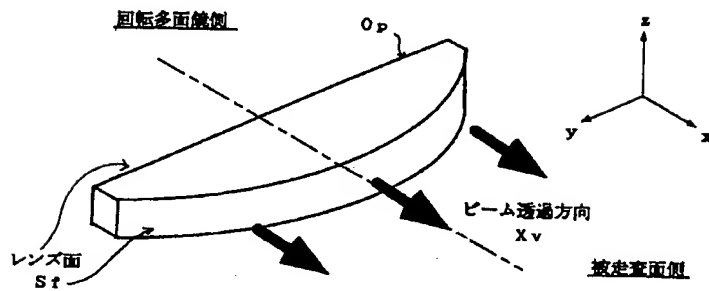
【図4】



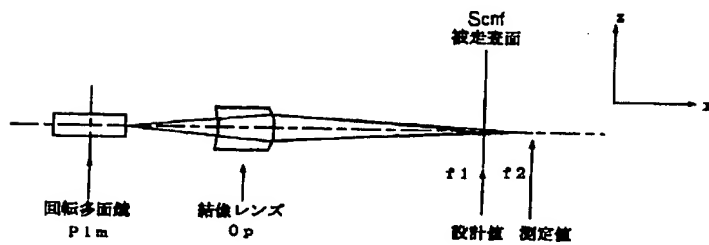
【図9】



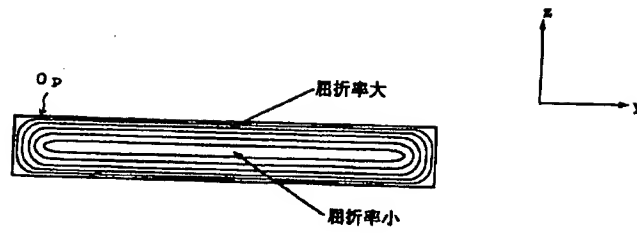
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 山中 康生
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内